1

To the Moorfields Ophthalmic Hospital
from
the author

Über die mit Hilfe des Stereoskopes nachweisbare Verschiedenheit der Lokalisation zwischen den in den gekreuzten und ungekreuzten Sehnervenfasern fortgeleiteten Gesichtsempfindungen.

Von

Dr. Emil Berger,

ausl. korresp. Mitglied der kgl. belg. und kgl. span. Akademie der Medizin.

(Mit 6 Textfiguren.)

Bonn, 1914.

Separat-Abdruck aus dem Archiv für die ges. Physiologie Bd. 156.

Verlag von Martin Hager.

Über die mit Hilfe des Stereoskopes nachweisbare Verschiedenheit der Lokalisation zwischen den in den gekreuzten und den ungekreuzten Sehnervenfasern fortgeleiteten Gesichtsempfindungen.

Von

Dr. **Emil Berger,**
ausl. korresp. Mitglied der kgl. belg. und kgl. span. Akademie der Medizin.

(Mit 6 Textfiguren.)

Bekanntlich wurden unsere Kenntnisse über die Verteilung der Sehnervenfasern in der Netzhaut und ihren Verlauf von der Peripherie bis zum corticalen Sehzentrum durch die anatomische Untersuchung der Verbreitung von sekundärer Degeneration von Fällen, in welchen jahrelang unilaterale Atrophie des Auges, Zentralskotom oder beiderseitige homonyme oder heteronyme Gesichtsfelddefekte bestanden, gewonnen. In einer vorläufigen Mitteilung[1]), welche Herr Dr. G. Weiss, Prof. der biologischen Physik an der medizin. Falkultät in Paris, der dortigen Gesellschaft für Biologie vorlegte, habe ich den Nachweis geliefert, dass die Richtigkeit unserer Anschauungen über homonyme Hemianopsie auch am Lebenden durch die binokuläre Untersuchung des gemeinsamen Gesichtsfeldes mittels farbiger Papiere im Prismenstereoskope sich bestätigen lasse.

Ganz besonders interessante Ergebnisse brachten mir meine Versuche über die Untersuchung der heteronymen Gesichtsfeldhälften mittels farbiger Papiere im Stereoskope. Werden nämlich die beiden temporalen Gesichtsfeldhälften in dieser Weise geprüft, so ergeben

1) Berger, De l'emploi du stéréoscope pour le mélange binoculaire des couleurs dans les différentes parties et particulièrement dans les moitiés homonymes du champ visuel commun. C. R. de la Soc. de Biol. de Paris t. 118 p. 160. 26. April 1910.

sich, was die Lokalisation der Gesichtsempfindungen betrifft, ganz andere Resultate als bei der Prüfung der beiden nasalen Gesichtsfeldhälften.

In Fig. 1 ist eine stereoskopische Tafel dargestellt, mit welcher ich die Prüfung der beiden temporalen Gesichtsfeldhälften vornehme. Die beiden Fixierpunkte *f* sind so gewählt, dass die Vereinigung derselben im Stereoskope [ähnlich wie bei den Tafeln von Haitz[1]) zur binokularen Untersuchung des Gesichtsfeldes und den meinigen[2]) zur Prüfung der zentralen Sehschärfe schwachsichtiger Augen] bei parallel gerichteten Gesichtslinien, mithin ohne Anstrengung der Konvergenz und der Akkommodation erfolgt. Die beiden temporalen Gesichtsfeldhälften sind durch vertikale, durch die

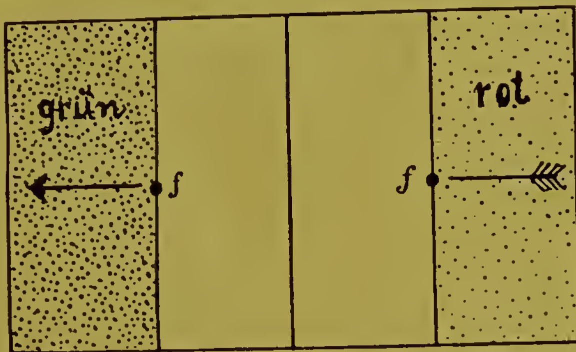


Fig. 1. Stereoskopische Tafel zur Untersuchung der beiden temporalen Gesichtsfeldhälften mit Hilfe farbiger Papiere.

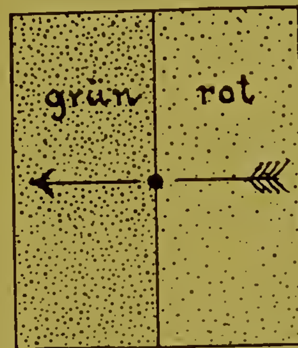


Fig. 2. Wahrnehmung nebenstehender Tafel im Stereoskope[3]).

Fixierpunkte gehende Linien von den beiden nasalen Gesichtsfeldhälften getrennt. Letztere sind weiss, die rechte temporale Hälfte rot, die linke grün. In beiden farbigen Flächen ist ein horizontaler, durch die weissen Flächen unterbrochener Pfeil gezeichnet, dessen Spitze nach links gerichtet ist. Nach erfolgter Vereinigung der Fixierpunkte im Stereoskope ergibt sich ein Bild, wie es in Fig. 2 dargestellt ist: Man sieht nur zwei farbige Felder; das rechte ist rot, das linke grün. Der Pfeil hat die in Fig. 1 angegebene Richtung, ohne durch die weissen Flächen unterbrochen zu sein.

1) Haitz, Tafeln. J. F. Bergmann, Wiesbaden 1905.

2) Berger, Tafeln. J. F. Bergmann, Wiesbaden 1909, und zweiter Teil. 1910.

3) Es wurde bei meinen Versuchen das Holmes'sche Modell des Prismenstereoskopes verwendet, welches in Deutschland als amerikanisches, in Frankreich als mexikanisches Stereoskop bezeichnet wird.

In Fig. 3 ist eine stereoskopische Tafel zur Untersuchung der beiden nasalen Gesichtsfeldhälften abgebildet. Die linke nasale Hälfte ist rot, die rechte grün, die beiden temporalen Gesichtsfeldhälften weiss. Durch beide farbigen Gesichtsfeldhälften zieht ein horizontaler Pfeil, dessen Spitze nach links und dessen Ende nach rechts gerichtet sind. Von einem zweiten, vertikalen Pfeile ist die obere Hälfte mit der Spitze nach oben im linken grünen, die untere Hälfte im rechten roten Felde abgebildet.

Nach der Vereinigung der Fixierpunkte im Stereoskope (vgl. Fig. 4) erscheinen wieder nur zwei farbige Felder; jedoch erscheint die Anordnung der beiden Farben verändert: die rechte Gesichtsfeldhälfte grün, die linke rot. Der horizontale Pfeil erscheint in

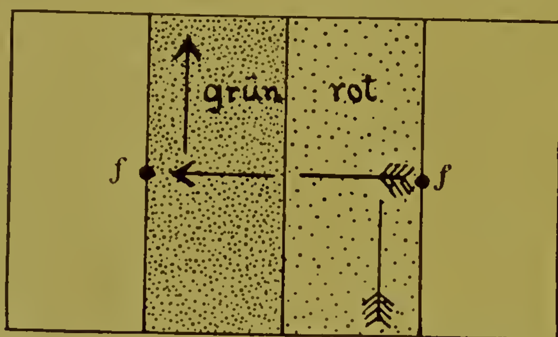


Fig. 3. Stereoskopische Tafel zur Untersuchung der beiden nasalen Gesichtsfeldhälften mit Hilfe farbiger Papiere.

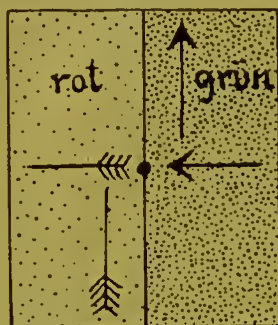


Fig. 4. Wahrnehmung nebenstehender Tafel im Stereoskope.

zwei Stücke getrennt, von welchen je ein Ende gegen den Fixierpunkt gerichtet ist, und zwar erscheinen die Pfeilspitze rechts, das Pfeilende links vom Fixierpunkte. Die beiden Pfeilmitten sind nach der Schläfenseite verschoben. Die Umkehrung der beiden farbigen Flächen hat nur im horizontalen Meridiane stattgefunden, wie dies aus der unveränderten Richtung der beiden Hälften des vertikalen Pfeiles hervorgeht.

Diese beiden Versuche lassen nur folgende Erklärung zu: Bei der ersten Tafel (Fig. 1) werden zwei verschiedene farbige Flächen in den beiden temporalen Gesichtsfeldhälften gesehen, welche Flächen je ein umgekehrtes Bild auf der gleichnamigen nasalen Netzhauthälfte entwerfen, von welchen letzteren die gekreuzten Sehnervenfasern ihren Ausgang nehmen. Bei der Untersuchung im Stereoskope erscheinen die beiden farbigen Flächen richtig lokalisiert.

Bei der zweiten Tafel (Fig. 3) werden hingegen zwei verschiedene farbige Papiere von den beiden nasalen Gesichtsfeldhälften

gesehen, welche Papiere je ein umgekehrtes Bild auf der gleichnamigen temporalen Netzhauthälfte entwerfen, von welchen letzteren die ungekreuzten Sehnervenfasern ihren Ausgang nehmen. Bei der Vereinigung der Fixierpunkte im Stereoskope erscheinen die beiden farbigen Flächen falsch lokalisiert.

Diese beiden Versuche erscheinen für die Physiologie des Nervensystems von höchster Wichtigkeit, denn nur bei den Sehnervenfasern ist die Möglichkeit geboten, experimentell die Funktion der gekreuzten und der ungekreuzten Fasern jede für sich allein zu prüfen. Das Bestehen von ungekreuzten sensitiven Fasern ist durch die anatomische Untersuchung festgestellt. Ich brauche in betreff derselben nur unter anderen auf das im Handbuche der Anatomie von Testut[1]) angegebene Schema hinzuweisen. Der Nachweis ungekreuzter motorischer Fasern ist nicht nur durch die anatomische Untersuchung gelungen, sondern es wurde auch durch Versuche an Tieren (Affe, Hund) festgestellt, dass nach der Zerstörung des Hirnrindenzentrums für die koordinierten Bewegungen einer Extremität die absteigende sekundäre Degeneration sich in die beiderseitigen Pyramidenstränge fortsetze (Franck und Pitres, Sherrington, Löwenthal, Sandmeyer, Muratow u. a.).

Die Untersuchung beider temporalen Gesichtsfeldhälften mit Hilfe des Stereoskopes ist (mit teilweiser Benützung eines Schemas von Testut) schematisch in Fig. 5 dargestellt. In dem Querschnitte der stereoskopischen Tafel sind die beiden farbigen Flächen mit *dbfl* und *frbd* bezeichnet (*fl* und *fr* = linker und rechter Fixierpunkt). Der Strahlengang ist so angegeben, wie er sich nach erfolgter Ablenkung in den beiden Stereoskoplinsen *p* ergibt. Von den beiden Hälften des in den farbigen Flächen (vgl. Fig. 1) eingezeichneten Pfeiles, dessen Spitze nach links gerichtet ist, werden in den nasalen Netzhauthälften je ein umgekehrtes Bild *mbd'* (*m* = Macula lutea) entworfen.

Das Schema zeigt uns die weitere Fortleitung der Erregung in den Sehnervenfasern, und zwar ist zur Vereinfachung die Anordnung der Sehnervenfasern, wie sie sich im Sehnervenquerschnitte innerhalb des Foramen opticum, wo die Maculafasern die Mitte des Sehnerven einnehmen, ergibt, angegeben. Jedes der beiden Netzhautbilder wird

1) Testut, Traité d'Anatomie t. 2 p. 905, Fig. 797.

auf dem Wege der gekreuzten Sehnervenfasern, der subcorticalen Ganglien und der Sehstrahlungen auf die corticalen Sehzentren der entgegengesetzten Seite projiziert, wobei die beiden Pfeil-

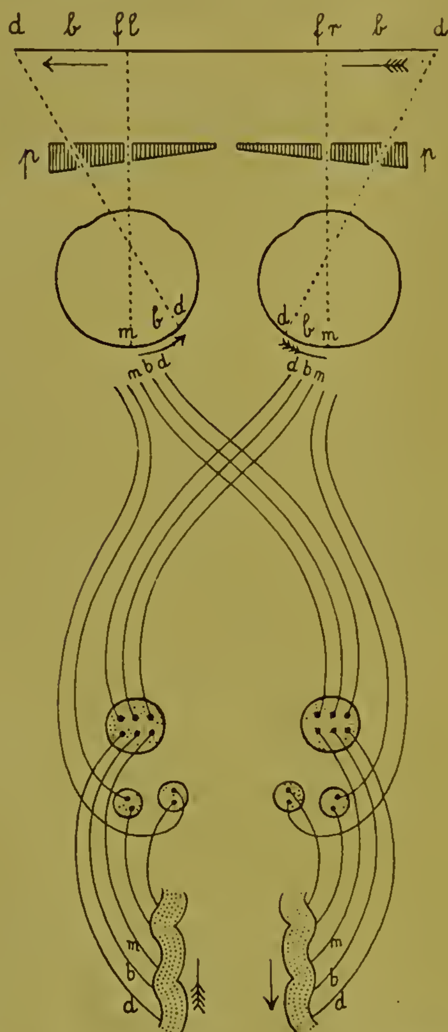


Fig. 5. Schema des ersten Versuches (Fig. 1 und 2): Je ein verschieden gefärbtes Papier in beiden temporalen Gesichtsfeldhälften. Die Leitung der Gesichtsempfindung von der Netzhaut bis zum corticalen Sehzentrum erfolgt auf dem Wege der gekreuzten Sehnervenfasern. Es besteht richtige Lokalisation der Gesichtsempfindung.

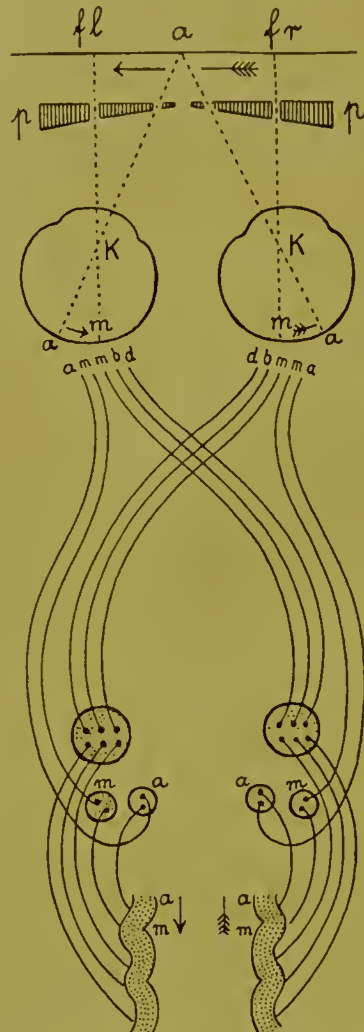


Fig. 6. Schema des zweiten Versuches (Fig. 3 und 4): Je ein verschieden gefärbtes Papier in beiden nasalen Gesichtsfeldhälften. Die Leitung der Gesichtsempfindung von der Netzhaut bis zum corticalen Sehzentrum erfolgt auf dem Wege der ungekreuzten Sehnervenfasern. Es besteht falsche Lokalisation der Gesichtsempfindung.

enden nach der Peripherie und die beiden Pfeilmitten nach der Mitte der beiden Sehzentren gerichtet sind, welche letztere Teile (*m*) nach Flechsig als corticale Zentren der Maculafasern anzusehen sind.

In Fig. 6 ist das Schema des zweiten Versuches dargestellt. Es ist in demselben der Querschnitt der linken farbigen Fläche der stereoskopischen Tafel mit *fla*, jener der rechten farbigen Fläche mit *afr* bezeichnet. Die Richtung der beiden Teile des in der stereoskopischen eingezeichneten Pfeiles ist unterhalb des Tafelquerschnittes angegeben. Von den beiden die Nasenseite einnehmenden farbigen Flächen werden umgekehrte Bilder in den entsprechenden temporalen Netzhauthälften entworfen. Die weitere Fortleitung der Sehempfindung erfolgt auf dem Wege der ungekreuzten Sehnervenfasern zu den subcorticalen Ganglien und von letzteren auf dem Wege der Sehstrahlung zu den corticalen Sehzentren derselben Seite. Die Bilder der beiden Pfeilteile (*am*) werden in solcher Weise auf letztere projiziert, dass die beiden Pfeilenden (entgegengesetzt dem Verhalten im ersten Versuche) nach der corticalen Macula (*m*) und die Pfeilmitten nach der Peripherie des corticalen Sehzentrums gerichtet sind. Dieses Schema erklärt, warum nach der stereoskopischen Vereinigung der beiden Fixierpunkte *f* der Pfeil in der Mitte entzweigebrochen erscheint und warum die Pfeilspitze und das Pfeilende sich in der Mitte der Pfeilfigur (vgl. Fig. 4) berühren.

Was die Lokalisation der von der Netzhaut zur Hirnrinde fortgeleiteten Gesichtserregungen betrifft, so ergeben diese beiden Versuche folgende Schlussfolgerungen: Die von der Netzhaut auf dem Wege der gekreuzten Sehnervenfasern zur Hirnrinde fortgeleiteten Gesichtsempfindungungen werden richtig lokalisiert. Hingegen werden (bei obigem Versuche im Stereoskope) die auf dem Wege der ungekreuzten Sehnervenfasern zur Hirnrinde geleiteten Gesichtserregungen falsch lokalisiert, d. h. die Gesichtserregung wird auf die entgegengesetzte Seite, als wo der gesehene Gegenstand ist, projiziert.

Wie erklärt es sich nun, dass die ohne Stereoskop von der Aussenwelt in den temporalen Netzhauthälften entstehenden Bilder nicht falsch lokalisiert werden? Man kann sich leicht von letzterer Tatsache überzeugen, wenn man einen Karton vor ein Auge so hält, dass die ganze temporale Gesichtshälfte verdeckt ist, oder wenn man in einen Karton für die binokuläre Prüfung der nasalen Gesichtshälfte einen Ausschnitt macht, der, wenn der Karton vor beide Augen gehalten wird, nur das Entstehen eines Netzhautbildes auf jeder der

beiden temporalen Netzhauthälften ermöglicht. Im übrigen ist über eine falsche Lokalisation in Fällen des Erhaltenseins der nasalen Gesichtsfeldhälften allein aus der klinischen Untersuchung nichts bekannt.

Wir lokalisieren richtig die auf die temporale Netzhauthälfte projizierten Bilder der Aussenwelt aus demselben Grunde, aus welchem wir trotz des auf der Netzhaut entstehenden umgekehrten Bildes der Aussenwelt die letztere aufrecht sehen. Es ist nicht nötig, um letztere Erscheinung zu erklären, anzunehmen, wie dies von seiten eines französischen Autors jüngst der Fall ist, dass durch die Anordnung der Sehnervenfasern in ihrem Verlaufe von der Netzhaut bis zum corticalen Sehzentrum ein „Rédressement" des ursprünglich umgekehrten Bildes erfolge. Wir sehen die Bilder, welche die Aussenwelt in unserer Netzhaut entwirft, nicht verkehrt, weil, wie dies Helmholtz, Brücke u. a. mit Recht annehmen, unsere Erfahrung uns gelehrt hat, diese Bilder richtig zu deuten. Unsere Erfahrung hat uns gleichfalls gelehrt, die Lage der Gegenstände, deren Bilder auf die temporalen Netzhauthälften projiziert werden, richtig zu beurteilen.

Damit die mittels des Stereoskopes wahrzunehmende Urteilstäuschung über die Lokalisation der Farbenflächen, welche auf beiden temporalen Netzhauthälften Bilder entwerfen, zustande komme, ist es eben notwendig, dass in beiden korrespondierenden temporalen Netzhauthälften verschiedene Gesichtsempfindungen gleichzeitig auftreten, was beim Sehen ohne Stereoskop nicht der Fall ist. Damit verlieren wir die durch die tägliche Erfahrung erlernte richtige Lokalisation der auf dem Wege der ungekreuzten Sehnervenfasern von der Netzhaut zum corticalen Sehzentrum geleiteten Gesichtserregungen, und es tritt dann die falsche Lokalisation der Sehempfindungen ein, wie sie dem anatomischen Baue dieses Nervengebietes entspricht. Es genügt übrigens nach der Betrachtung der Taf. 2 mit Hilfe des Stereoskopes abwechselnd je ein Auge zu schliessen, damit die richtige Lokalisation der jedem einzelnen temporalen Netzhautbilde entsprechenden farbigen Fläche auftrete.

Man muss mithin die beiden Experimente folgendermaassen deuten: Nur die in den gekreuzten Nervenfasern fortgeleiteten Erregungen werden richtig lokalisiert. Die ursprünglich falsche Lokalisation der in den ungekreuzten Nervenfasern fortgeleiteten Erregungen schwindet infolge der Erfahrung, welche eine richtige Lokalisation ermöglicht.

Vom Standpunkte der streng empiristischen Theorie ist das zweite Experiment nicht zu erklären. Nähme man an, dass die richtige Lokalisation der Gegenstände, von welchen Netzhautbilder entworfen werden, sowohl für die in den gekreuzten als auch für die in den ungekreuzten Sehnervenfasern fortgeleiteten Erregungen nur die Folge des Erlernens durch die Erfahrung sei, so wäre unbegreiflich, warum bei einer bestimmten Versuchsanordnung (Fig. 3) diese auf Erfahrung beruhende richtige Lokalisation plötzlich zu einer falschen wird.

Weder Nativisten[1]) noch Empiristen werden in diesen beiden Versuchen eine absolute Bestätigung ihrer Theorien finden. Jede von beiden können hier nur das finden, was ihnen zukommt. Diese beiden Versuche werden Physiologen, Neurologen, Ophthalmologen und die Vertreter der experimentellen Psychologie gewiss interessieren. Sie beweisen, dass die durch die tägliche Erfahrung erworbene Lokalisierung der Empfindungen, welche wir von der Aussenwelt erhalten, nur dann richtig bleibt, wenn die sonstigen Bedingungen, unter welchen diese Erfahrung erfolgt, dieselben bleiben.

Um einer grösseren Anzahl von Fachgelehrten die Möglichkeit zu bieten, die beiden hier beschriebenen Versuche leicht zu wiederholen, beabsichtige ich, die beiden diesbezüglichen Tafeln mit anderen Tafeln, welche für die Untersuchung des Auges und der optischen Zentralorgane mit Hilfe des Stereoskopes bestimmt sind, von einem kurzen erläuternden Texte begleitet, im Buchhandel erscheinen zu lassen.

---

1) Wir stehen mithin weit entfernt von dem Standpunkte J. Müller's und anderer Vertreter der nativistischen Theorie, welche annahmen, dass die Lokalisation der Eindrücke im Gesichtsfelde ursprünglich gegeben sei. Die hier beschriebenen Versuche beweisen vielmehr „dass ja sehr wohl gewisse angeborene (durch Bildungsgesetze bestimmte) Einrichtungen bestehen können, die gleichwohl durch Übung und Erlernen modifiziert und entwickelt werden.“ (v. Helmholtz, Handb., 3. Aufl., Bd. 3 S. 498.)